

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 08051800 A

(43) Date of publication of application: 20.02.96

(51) Int. Cl

H02P 21/00

B60L 3/00

B60L 9/18

(21) Application number: 06185876

(71) Applicant: TOYOTA MOTOR CORP

(22) Date of filing: 08.08.94

(72) Inventor: KUSAKA YASUSHI

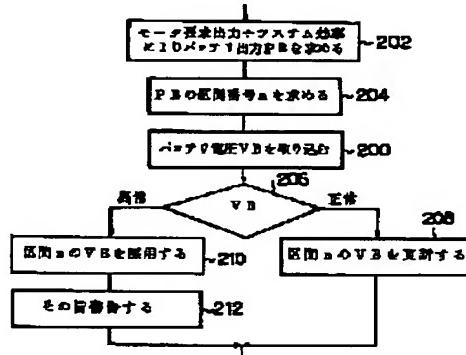
(54) CONTROL OF INDUCTION MOTOR

(57) Abstract:

PURPOSE: To enable continuing control even when a voltage sensor has become defective.

CONSTITUTION: When a voltage sensor output is abnormal (step 206) an estimate output is used (step 210) by using the relationship between a battery output PB or battery current IB and battery voltage VB. Thus, stable control can continue without generating a state of out-of-control.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-51800

(43)公開日 平成8年(1996)2月20日

(51)Int.Cl.⁶
H 02 P 21/00
B 60 L 3/00
9/18

識別記号 庁内整理番号
S 7618-3H
J 7618-3H

F I

技術表示箇所

H 02 P 5/ 408

H

審査請求 未請求 請求項の数9 O.L. (全16頁)

(21)出願番号 特願平6-185876

(22)出願日 平成6年(1994)8月8日

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72)発明者 日下 康

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74)代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

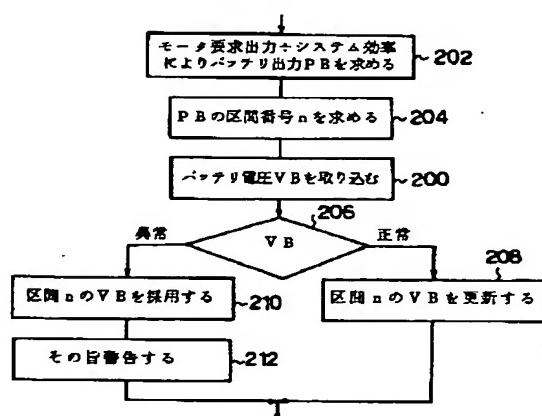
(54)【発明の名称】 誘導モータの制御方法

(57)【要約】

【目的】 電圧センサに異常等が発生した場合も制御を継続可能にする。

【構成】 バッテリ出力PB又はバッテリ電流IBとバッテリ電圧VBの相関関係を利用し、電圧センサの出力が異常である場合に(206)推定値を採用する(210)。制御不能状態を発生させることなく、安定な制御を継続できる。

第1実施例



【特許請求の範囲】

【請求項1】 バッテリ電圧及び前回のスイッチングパターンに基づきモータ一次電圧を求め、モータ一次電圧及びモータ一次電流に基づきモータ一次磁束及びモータトルクの現状値を推定し、要求出力に基づきモータ一次磁束及びモータトルクの指令値を求め、推定したモータ一次磁束及びモータトルクの現状値と求めたモータ一次磁束及びモータトルクの指令値とを比較してスイッチングパターンを決定し、決定したスイッチングパターンに従いモータ一次電流を交番させることにより、誘導モータを制御する方法において、
通常時には、バッテリ電圧を電圧センサにより検出し、上記電圧センサの出力不正常時には、バッテリの負荷状態に基づきバッテリ電圧を推定することを特徴とする制御方法。

【請求項2】 請求項1記載の制御方法において、上記電圧センサの出力不正常時には、モータ要求出力に基づきバッテリ電圧を推定することを特徴とする制御方法。

【請求項3】 請求項1記載の制御方法において、上記電圧センサの出力不正常時には、バッテリ電流に基づきバッテリ電圧を推定することを特徴とする制御方法。

【請求項4】 請求項1記載の制御方法において、上記電圧センサの出力不正常時には、バッテリの充電状態の変化を示す情報に基づき逐次補正を加えながらバッテリの負荷状態に基づきバッテリ電圧を推定することを特徴とする制御方法。

【請求項5】 請求項1記載の制御方法において、電圧センサにより検出したバッテリ電圧を利用しながら、バッテリの挙動とバッテリ電圧を対応付けるマップを通常時において構築し、上記電圧センサの出力不正常時には、バッテリの負荷状態にて上記マップを参照することにより、バッテリ電圧を推定することを特徴とする制御方法。

【請求項6】 請求項1記載の制御方法において、上記電圧センサの出力不正常時には、当該出力不正常の期間が所定期間を越えるまでは従前のバッテリ電圧が現在のバッテリ電圧であると推定し、所定期間が越えた後はバッテリの負荷状態に基づきバッテリ電圧を推定することを特徴とする制御方法。

【請求項7】 バッテリ電圧及び前回のスイッチングパターンに基づきモータ一次電圧を求め、モータ一次電圧及びモータ一次電流に基づきモータ一次磁束及びモータトルクの現状値を推定し、要求出力に基づきモータ一次磁束及びモータトルクの指令値を求め、推定したモータ一次磁束及びモータトルクの現状値と求めたモータ一次磁束及びモータトルクの指令値とを比較してスイッチングパターンを決定し、決定したスイッチングパターンに従いモータ一次電流を交番させることにより、誘導モー

タを制御する方法において、
通常時には、バッテリ電圧を電圧センサにより検出し、上記電圧センサの出力不正常時には、バッテリ電圧が所定の値であると仮定することを特徴とする制御方法。

【請求項8】 請求項7記載の制御方法において、出力不正常となる直前に電圧センサが検出したバッテリ電圧を、上記所定の値とすることを特徴とする制御方法。

【請求項9】 請求項1乃至8記載の制御方法において、

上記電圧センサの出力不正常時には、使用しているバッテリ電圧が電圧センサにより検出した値でない旨使用者に警告することを特徴とする制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、高速直接トルク制御理論に則り誘導モータを制御する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 誘導モータを制御する方法としては、従来からベクトル制御が採用されてきた。この制御手法は良好な制御特性が得られる手法ではあるが、制御が複雑でパラメータも多い等の不具合を有している。このような問題を解決すべく、例えば“瞬時すべり周波数制御に基づく誘導電動機の新高速トルク制御法”、高橋勲他、電気通信学会誌B、106巻1号、昭和61年1月、p.p. 9-16や、“ディジタルシグナルプロセッサを用いた誘導電動機の高性能トルク制御”、高橋勲他、電気通信学会誌D、107巻2号、昭和62年2月、p.p. 223-230により、高速直接トルク制御が提案されている。

【0003】 図13にはこの制御手法に則って構成したシステムが、図14にはその演算部の動作の流れが、それぞれ示されている。

【0004】 このシステムは、三相誘導モータ10により電気自動車を駆動するシステムである。モータ10の駆動電力源としてはバッテリ12が設けられており、インバータ14はバッテリ12の放電出力PBを三相交流に変換してモータ10に供給する。インバータ14の動作は車両コントローラ16及びモータコントローラ18により制御されている。車両コントローラ16は、アクセル開度やモータ回転数等の情報に基づきトルク指令Tref及び磁束指令Φrefを発生させ、モータコントローラ18はこれらの指令Tref及びΦrefが実現されるようインバータ14のスイッチングパターンSu, Sv, Swを決定する。インバータ14を構成するU, V, W各相スイッチング素子は、決定されたスイッチングパターンSu, Sv, Swに従いスイッチングする。これにより、モータ10の出力トルクTはトルク指令Tref相当のトルクとなり、また一次磁束Φは磁束指令Φref相当の磁束となる。

【0005】モータコントローラ18は、演算部20、パターンテーブル22、減算器24及び26から構成されている。演算部20は、モータ10の一次電流I1やバッテリ12の電圧VBを検出し、パターンテーブル22から前回出力されたスイッチングパターンSu, Sv, Swと併用して、車両コントローラ16に供給するモータ回転数の他推定トルクT及び推定磁束Φを演算する。減算器24及び26は、それぞれ、推定トルクT及び推定磁束Φをトルク指令Tref及び磁束指令Φrefから減じ、得られた制御誤差によりパターンテーブル22を参照する。これにより、新たなスイッチングパターンSu, Sv, Swがインバータ14に出力される。演算部20は、また、トルク指令Tref及び磁束指令Φref決定のため、モータ10の回転数を磁束中の位相の変化から検出して車両コントローラ16に供給する。

【0006】モータコントローラ18は、推定トルクT及び推定磁束Φを演算する際、図14に示される手順を実行する。この図に示されるように、モータコントローラ18は、車両コントローラ16からトルク指令Tref及び磁束指令Φrefを入力する一方で(100)、電流センサ28によりモータ10の各相一次電流I1(瞬時値)を、電圧センサ30によりバッテリ12の電圧VBを検出する(102)。演算部20は、検出したバッテリ電圧VB及び前回出力されたスイッチングパターンSu, Sv, Swに基づき一次電圧V1(瞬時値)を計算し(104)、この一次電圧V1及び検出した一次電流I1に基づき一次鎖交磁束Φを推定する(106)。推定演算式は、

$$【数1】 \Phi = \int (V_1 - R_1 I_1) dt$$

で表される。但し、R1はモータ10の一次抵抗であり既知の値である。演算部20は、さらに、推定した磁束Φ及び検出した一次電流I1に基づきモータ10の出力トルクT(瞬時値)を推定する(108)。推定演算式は、

$$【数2】 T = \Phi \times I_1$$

で表される。演算部20は、推定したトルクT及び磁束Φを減算器24及び26に出力する。これにより、トルクT及び磁束Φは入力したトルク指令Tref及び磁束指令Φrefと比較され、その結果に基づきスイッチングパターンSu, Sv, Swが決定される(110)。すなわち、磁束Φについては磁束指令Φrefに対し

$$【数3】 \Phi_{ref} - \Delta\Phi \leq \Phi \leq \Phi_{ref} + \Delta\Phi \quad (\Delta\Phi : \text{許容誤差})$$

の関係が維持されるよう、例えば $\Phi = \Phi_{ref} - \Delta\Phi$ と $\Phi = \Phi_{ref} + \Delta\Phi$ の2値ヒステリシス比較を行い、トルクTについては

$$【数4】 T_{ref} - \Delta T \leq T \leq T_{ref} + \Delta T \quad (\Delta T : \text{許容誤差})$$

の関係が維持されるよう、例えば $T = T_{ref} - \Delta T$ 、 $T = T_{ref}$ 、 $T = T_{ref} + \Delta T$ の3値ヒステリシス比較を

行う。スイッチングパターンSu, Sv, Swは、磁束Φの比較結果φ、トルクTの比較結果τ及び磁束Φの位相θの組み合わせにより決定される。 $\phi = 0$ は $\Phi = \Phi_{ref} - \Delta\Phi$ (減磁状態)を、 $\phi = 1$ は $\Phi = \Phi_{ref} + \Delta\Phi$ (増磁状態)を、 $\tau = -1$ は $T = T_{ref} - \Delta T$ (負偏差)を $\tau = 0$ は $T = T_{ref}$ (零偏差)を、 $\tau = +1$ は $T = T_{ref} + \Delta T$ (正偏差)を、それぞれ表している。

【0007】決定されたスイッチングパターンSu, Sv, Swはインバータ14に出力される(112)。決定されたスイッチングパターンSu, Sv, Swに応じてインバータ14から出力される電圧をベクトルV1(Su, Sv, Sw)にて表すこととすると、磁束Φの比較結果φ、トルクTの比較結果τ及び磁束Φの位相θとベクトルV1(Su, Sv, Sw)の関係は、図15(a)のように表すことができる。なお、ここでは、インバータ14が、図15(b)に示されるようなスイッチ回路であると考えている。すなわち、ソース側及びシンク側をモータ10のU, V, W各相巻線に選択的に接続するスイッチSu, Sv, Swによって、インバータ14が構成されていると考える。ソース側に接続した状態を“1”、シンク側に接続した状態を“0”というように、各スイッチSu, Sv, Swの状態を表すこととした場合、インバータ14の出力電圧ベクトルV1(Su, Sv, Sw)は、図15(c)に示される8通りである。

【0008】このように、高速直接トルク制御理論に則りシステムを構成することにより、誘導モータ10を好適に制御できる。例えば、モータ10の一次電圧V1を検出する電圧センサは必要でなく、従来からバッテリ12の状態を管理するために設けられていた電圧センサ30によってバッテリ電圧VBを検出するのみでよい。

【0009】
【発明が解決しようとする課題】反面で、この理論においては、バッテリ電圧を検出する電圧センサに故障が発生し、正確な検出が不可能になると、制御を継続できなくなる。

【0010】本発明は、このような問題点を解決することを課題としてなされたものであり、バッテリ電圧センサの代替手段を提供することにより、故障、瞬断、ノイズ等によってバッテリ電圧の検出値が不正常値となった場合にも、高速直接トルク制御理論に則り制御を継続できる様にすることを目的とする。

【0011】
【課題を解決するための手段】このような目的を達成するため、本発明の第1の構成に係る制御方法は、通常時には、バッテリ電圧を電圧センサにより検出し、電圧センサの出力不正常時には、バッテリの負荷状態に基づきバッテリ電圧を推定することを特徴とする。

【0012】本発明の第2の構成に係る制御方法は、電圧センサの出力不正常時には、モータ要求出力に基づき

バッテリ電圧を推定することを特徴とする。本発明の第3の構成に係る制御方法は、電圧センサの出力不正常時には、バッテリ電流に基づきバッテリ電圧を推定することを特徴とする。本発明の第4の構成に係る制御方法は、電圧センサの出力不正常時には、バッテリの充電状態(SOC)の変化を示す情報に基づき逐次補正を加えながらバッテリの負荷状態に基づきバッテリ電圧を推定することを特徴とする。本発明の第5の構成に係る制御方法は、電圧センサにより検出したバッテリ電圧を利用しながら、バッテリの負荷状態とバッテリ電圧を対応付けるマップを通常時において構築し、電圧センサの出力不正常時には、バッテリの負荷状態にて上記マップを参照することにより、バッテリ電圧を推定することを特徴とする。本発明の第6の構成に係る制御方法は、電圧センサの出力不正常時には、当該出力不正常の期間が所定期間を越えるまでは従前のバッテリ電圧が現在のバッテリ電圧であると推定し、所定期間が越えた後はバッテリの負荷状態に基づきバッテリ電圧を推定することを特徴とする。

【0013】本発明の第7の構成に係る制御方法は、通常時には、バッテリ電圧を電圧センサにより検出し、電圧センサの出力不正常時には、バッテリ電圧が所定の値であると仮定することを特徴とする。本発明の第8の構成に係る制御方法は、出力不正常となる直前に電圧センサが検出したバッテリ電圧を、上記所定の値とすることを特徴とする。

【0014】本発明の第9の構成に係る制御方法は、電圧センサの出力不正常時には、使用しているバッテリ電圧が電圧センサにより検出した値でない旨使用者に警告することを特徴とする。

【0015】

【作用】本発明の第1の構成においては、バッテリ電圧を検出する電圧センサに故障が発生したり、あるいはこのセンサの出力にノイズが重畳する等して当該電圧センサの出力が不正常な値になった場合に、バッテリ電圧の推定値が使用される。従って、当該電圧センサの出力不正常時にも、高速直接トルク制御理論に則った制御を継続可能になる。また、バッテリ電圧の推定値に誤差が含まれていたとしても、その誤差が極端に大きくなれば、不安定な制御状態が生じることはない。本構成においては、バッテリ電圧をバッテリの負荷状態に基づき推定しているため、推定値に大きな誤差が生じることがなく、広い範囲に亘って安定な制御が実現される。

【0016】本発明の第2の構成においては、バッテリ電圧の推定がモータ要求出力に基づき行われる。ここに、モータ要求出力とバッテリ放電出力には相関があり、バッテリ放電出力とバッテリ電圧にも相関があるから、モータ要求出力に基づきバッテリ電圧を正確に推定することが可能である。また、モータ要求出力は、モータトルク及び回転数から容易に求めることができる。従

って、本構成においては、電圧センサの出力不正常時ににおける制御誤差が顕著に抑制される。さらに、新たにセンサを付加する必要もない。

【0017】本発明の第3の構成においては、バッテリ電流に基づきバッテリ電圧が推定される。ここに、バッテリ電流とバッテリ電圧には相関があるから、バッテリ電流に基づきバッテリ電圧を正確に推定することが可能である。従って、本構成においても、電圧センサの出力不正常時ににおける制御誤差が顕著に抑制される。なお、本構成においてはバッテリ電流を検出する電流センサが必要になるが、これは、従来からバッテリの状態監視のために使用されているものを利用すればよいため、新たにセンサを付加する必要もない。

【0018】本発明の第4の構成においては、バッテリのSOCの変化を示す情報に基づき逐次補正を加えながら、バッテリの負荷状態に基づきバッテリ電圧が推定される。すなわち、バッテリの負荷状態(例えばバッテリ電流やバッテリ放電出力)とバッテリ電圧の相関関係がSOCに依存して変動することに鑑み、SOCの変化に応じて推定動作に補正が加えられる。これにより、本構成においては、電圧センサの出力不正常時ににおける制御誤差がさらに抑制される。

【0019】本発明の第5の構成においては、通常時に、バッテリの負荷状態とバッテリ電圧を対応付けるマップが、検出されるバッテリ電圧を利用して構築される。電圧センサが出力不正常となると、バッテリの負荷状態にてマップが参照され、バッテリ電圧が推定される。すなわち、電圧センサが出力不正常となる以前においてマップとして蓄積されたバッテリ電圧対バッテリ負荷状態の相関関係が利用されるため、電圧センサの出力不正常時ににおける制御誤差がさらに抑制される。

【0020】本発明の第6の構成においては、出力不正常の期間が所定期間を越えるまでは従前のバッテリ電圧が現在のバッテリ電圧であると推定され、所定期間が越えた後はバッテリの負荷状態に基づきバッテリ電圧が推定される。従って、ノイズ等の原因によって比較的短時間だけ、電圧センサの出力が不正常となった場合に、従前のバッテリ電圧が代用される。この結果、短時間の出力不正常に対しては比較的簡単な演算により対応可能になる。

【0021】本発明の第7の構成においては、電圧センサの出力不正常時に、バッテリ電圧が所定の値であると仮定される。従って、当該電圧センサの出力不正常時にも、制御誤差が問題にならない比較的狭い制御範囲であれば、高速直接トルク制御理論に則った制御を継続可能になる。

【0022】本発明の第8の構成においては、出力不正常となる直前に電圧センサが検出したバッテリ電圧が、上記所定の値として使用される。これにより、第7の構成における制御誤差が抑制される。

【0023】本発明の第9の構成においては、電圧センサの出力不正常時に、使用しているバッテリ電圧が電圧センサにより検出した値でない旨使用者に警告される。これにより、出力不正常に気が付かないままモータを駆動し続けることが防止される。特に、第7の構成に応用した場合に、制御誤差が大きな状況が発生・継続していくくなる。

【0024】

【実施例】以下、本発明の好適な実施例について図面に基づき説明する。

【0025】(1)システム構成

図1には、後述する各実施例に適するシステムの構成が示されている。この図に示されているシステムは、電気自動車を駆動するシステムである。図13との比較から明らかのように、図1においてはバッテリ12の電流IBを検出する電流センサ32、バッテリ12のSOCを検出するSOCセンサ34、及び使用者に対し電圧センサ30の出力が不正常であるので使用していない旨警告するための表示部36が示されている。ただし、これらの部材は本発明を実施するために付加された部材ではない。例えば電流センサ32やSOCセンサ34はバッテリ12の管理のために従来から広く用いられてきた部材であり、また表示部36は、車両の状態を表示する表示部を、電圧センサ30の出力が不正常であるので使用していない旨警告する目的に転用乃至兼用したものである。

【0026】(2)第1実施例

図2には、本発明の第1実施例におけるモータコントローラ18、特に演算部20の動作の流れの一部が示されている。本実施例におけるモータコントローラ18も従来例と同様図14に示される手順にて制御を実行している。この図に示されるのは従来例と相違する部分、すなわちステップ102中のバッテリ電圧VB入力処理である。

【0027】演算部20は、バッテリ電圧VBを入力する(200)一方で、バッテリ出力PBを求める(202)。バッテリ出力PBを求めるに当たっては、まず、モータ10に対して前回タイミングで与えられたトルク指令Trefとモータ10の回転数の積を計算することによりモータ要求出力、すなわちモータ10に対して要求されている出力を求め、求めたモータ要求出力を、バッテリ12の放電効率やインバータ14の電力変換効率を含むシステム効率で除する。

【0028】演算部20は、次に、PB-VBマップ上の区間番号nを求める(204)。演算部20に搭載されるPB-VBマップは、図3に示される様にバッテリ出力PBに対するバッテリ電圧VBの関係を示しており、またPB軸方向に離散化(区間分け)されている。このステップにおいては、ステップ202において求められたバッテリ出力PBがいずれの区間に属するのか判

定される。

【0029】演算部20は、入力したバッテリ電圧VBが正常な値かそれとも異常な値かを判定する(206)。例えば、図3において破線で示される範囲内に属するか否かを判定する。このような区間判定により、正常な値か否かを正確に判定できる。この判定の結果“正常”とされた場合には、演算部20はPB-VBマップの区間nに記憶されているバッテリ電圧値を、入力したバッテリ電圧VBの値に置き換え(更新、208)、電流I1の取り込み等を経た上でステップ104に移行する。“異常”とされた場合には、演算部20は、採用することができない入力したバッテリ電圧VBに代えて、PB-VBマップの区間nに記憶されているバッテリ電圧値を採用し(210)、電流I1の取り込み等を経た上でステップ104に移行する。その際、演算部20は、表示部36に信号を供給し、電圧センサ30の異常によりバッテリ電圧推定値を使用して制御を行っている旨使用者に警告する(212)。

【0030】従って、本実施例によれば、電圧センサ30の出力が不正常な値になった場合に、要求出力に基づきバッテリ出力PBを求め、求めたバッテリ出力PBに基づきバッテリ電圧VBを推定して検出値に代用するするようにしたため、その後も引き続き高速直接トルク制御理論に則った制御を実行できる。さらに、バッテリ出力PBはバッテリ電圧VBと良好な相関関係を有しているから、推定値に大きな誤差が生じることなく、安定で広い範囲に亘る制御を容易に実行できる。また、バッテリ出力PBを用いているからバッテリ電流センサ32等を使用する必要がなく、さらにPB-VBマップを用いているからバッテリ12の実際の挙動及びその履歴を制御に反映でき、推定値使用時の制御誤差を抑制できる。加えて、ステップ212において警告を発するようにしたため、使用者が出力不正常に気が付かないままモータ10を駆動し続けることを防止できる。

【0031】(3)第2実施例

図4には、本発明の第2実施例におけるモータコントローラ18、特に演算部20の動作の流れの一部が示されている。この実施例が第1実施例と異なる点は、バッテリ出力PBを求めPB-VBマップを利用するのではなく、バッテリ電流IBを電流センサ32により検出し(202A)、IB-VBマップ上での区間番号を求める(204A)点にある。すなわち、演算部20は、図5に示される様にバッテリ電流IBに対するバッテリ電圧VBの関係を示すIB-VBマップを搭載しており、このIB-VBマップはIB軸方向に区間分けされている。演算部20は、検出したバッテリ電流IBが属する区間に關し、第1実施例と同様の処理を実行する。

【0032】従って、本実施例においても、第1実施例と同様の効果を得ることができる。但し、本実施例にお

いては電流センサ32が必要になるが、このセンサにはバッテリ12のSOC検出・管理等に使用するものを転用できるから、新たなセンサの追加は必要でない。

【0033】(4) 第3実施例

図6には、本発明の第3実施例におけるモータコントローラ18、特に演算部20の動作の流れの一部が示されている。この実施例は第1又は第2実施例に改良を加えた実施例であり、ステップ210に代えステップ210Aが実行されている。図5に示されるように、バッテリ電流IBとバッテリ電圧VBの関係はバッテリ12のSOCに依存しており、同様にバッテリ出力PBとバッテリ電圧VBの関係もバッテリ12のSOCに依存している。バッテリ12のSOCは、放電に伴い徐々に低下するから、これに伴いバッテリ電流IB又はバッテリ出力PBとバッテリ電圧VBの関係も変化する。電圧センサ30が正常に機能していれば、この変化は、第1又は第2実施例においてもIB-VB又はPB-VBマップの更新(208)により制御に反映されるが、電圧センサ30の出力が異常であると見なされている状態では反映されない。本実施例においては、区間nのバッテリ電圧VBを採用する際、電圧センサ30の出力が異常となつた時点からのSOCの変化に応じた補正が施されるため(210A)、SOC変化に伴うIB-VB又はPB-VB関係の変化が、制御に反映され、制御誤差が抑制される。但し、本実施例においてはSOCセンサ34が必要になるが、このセンサにはバッテリ12のSOC検出・管理等に使用するものを転用できるから、新たなセンサの追加は必要でない。

【0034】(5) 第4実施例

図7には、本発明の第4実施例におけるモータコントローラ18、特に演算部20の動作の流れの一部が示されている。この実施例は第1又は第2実施例に改良を加えた実施例であり、ステップ206、208及び210に先立ちステップ214、216、218が、それぞれ実行されている。この実施例においては、IB-VB又はPB-VBマップが複数枚使用されており、SOCセンサ34から入力したSOCに応じて(214)いずれかのマップが使用される(216, 218)。これにより、第3実施例と同様の作用が、ステップ210Aにおける補正演算なしで実現される。

【0035】(6) 第5実施例

図8には、本発明の第5実施例におけるモータコントローラ18、特に演算部20の動作の流れの一部が示されている。この実施例は第1又は第2実施例に改良を加えた実施例であり、ステップ210に代えステップ210Bが、ステップ208実行時にステップ220が、ステップ210B実行時にステップ222が、それぞれ実行されている。ステップ222では、ステップ206における判定の結果が“異常”に転じた後のバッテリ電流IBの積算値Qが計算されており、ステップ210Bでは

積算値Qに基づき補正しながら区間nのバッテリ電圧VBを採用している。ステップ220では積算値Qをリセットしている。ここに、バッテリ12のSOCはバッテリ12の満充電容量から放電電流量(すなわちバッテリ電流IBの積算値Q)を減じた値であり、SOCの変化は積算値Qにより表すことができるから、本実施例によれば、電流センサ32を用いて、すなわちSOCセンサ34なしに、第3及び第4実施例と同様の作用を実現できる。

【0036】(7) 第6実施例

図9には、本発明の第6実施例におけるモータコントローラ18、特に演算部20の動作の流れの一部が示されている。この実施例は第1又は第2実施例に改良を加えた実施例であり、ステップ210に代えステップ210Cが、ステップ208実行時にステップ220Aが、ステップ210C実行時にステップ222Aが、それぞれ実行されている。ステップ222Aでは、ステップ206における判定の結果が“異常”に転じた後連続して“異常”と判定された回数Nが計数されており、ステップ210Cでは計数値Nに基づき補正しながら区間nのバッテリ電圧VBを採用している。ステップ220Aでは計数値Nをリセットしている。ここに、計数値Nは、バッテリ12の放電時間を表しており、SOCの変化との間に相関を有しているから、本実施例によれば、電流センサ32やSOCセンサ34なしに、第3乃至第5実施例と同様の作用を実現できる。

【0037】(8) 第7実施例

図10には、本発明の第7実施例におけるモータコントローラ18、特に演算部20の動作の流れの一部が示されている。この実施例は第6実施例に改良を加えた実施例であり、ステップ210Cに代えステップ210又は210Dが、ステップ208実行時にさらにステップ224が、ステップ210及び210D実行に先立ちステップ226が、それぞれ実行されている。ステップ226では、計数値Nが所定値N0を越えたか否かが判定され、越えていない場合にはステップ224において設定された異常時用の値が(210D)、越えていない場合には区間nのバッテリ電圧VBが(210)、それぞれ採用される。ステップ224においては電圧センサ30の出力が正常である場合の電圧センサ30の出力が異常時用の値に設定されるから、ステップ210Dにおいて採用される異常時用の値は、ステップ206の判定結果が“異常”に転ずる直前における電圧センサ30の出力値となる。従って、本実施例によれば、電圧センサ30の出力がノイズ等によりごく短時間異常となつたに過ぎない場合に、一次電圧V1を求める基礎となるバッテリ電圧VBの値が変化することがないから、制御がより安定になる。

【0038】(9) 第8実施例

図11には、本発明の第8実施例におけるモータコント

ローラ18、特に演算部20の動作の流れの一部が示されている。この実施例は第7実施例を簡略化したものであり、PB-VB又はIB-VBマップを使用していない。従って、ステップ206において“正常”と判定された場合にはただちに一次電流I1の取り込みやステップ104に移行する。ステップ206において“異常”と判定された場合には、演算部20は所定の異常時用の値を採用する(210D)。従って、本実施例によれば、第1乃至第7実施例のように制御誤差が小さくはなくまた制御範囲は広くないものの、制御不能状態を防止できる。

【0039】(10) 第9実施例

図12には、本発明の第9実施例におけるモータコントローラ18、特に演算部20の動作の流れの一部が示されている。この実施例は第8実施例に改良を加えた実施例であり、ステップ206において“正常”と判定された場合にステップ224が実行されている。従って、本実施例によれば、電圧センサ30の出力がノイズ等によりごく短時間異常となったに過ぎない場合に、一次電圧V1を求める基礎となるバッテリ電圧VBの値が変化することがないから、制御がより安定になる。

【0040】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の第1の構成によれば、バッテリ電圧を検出する電圧センサの出力が不正常な値になった場合に、バッテリ電圧の推定値を使用するようにしたため、当該電圧センサの出力不正常時にも、高速直接トルク制御理論に則った制御を継続可能になる。また、バッテリ電圧をバッテリの負荷状態に基づき推定しているため、推定値に大きな誤差が生じることがなく、広い範囲に亘って安定な制御を実現できる。

【0041】本発明の第2の構成によれば、バッテリ電圧をモータ要求出力に基づき推定するようにしたため、バッテリ電圧を正確にかつ容易に推定でき、制御誤差を顕著に抑制できる。さらに、新たにセンサを付加する必要もない。

【0042】本発明の第3の構成によれば、バッテリ電圧をバッテリ電流に基づき推定するようにしたため、バッテリ電圧を正確に推定でき、制御誤差を顕著に抑制できる。また、バッテリ電流を検出する際には、従来からバッテリの状態監視のために使用されている電流センサを利用できる。

【0043】本発明の第4の構成によれば、バッテリのSOCの変化を示す情報に基づき逐次補正を加えながら、バッテリの負荷状態に基づきバッテリ電圧を推定するようにしたため、制御誤差をさらに抑制できる。

【0044】本発明の第5の構成によれば、通常時に構築されたバッテリ電圧対バッテリ負荷状態マップを利用してバッテリ電圧を推定するようにしたため、制御誤差をさらに抑制できる。

【0045】本発明の第6の構成によれば、出力不正常の期間が所定期間を越えるまでは従前のバッテリ電圧が現在のバッテリ電圧であると推定し、所定期間が越えた後はバッテリの負荷状態に基づきバッテリ電圧を推定するようにしたため、短時間の出力不正常に対しては比較的簡単な演算により対応可能になる。

【0046】本発明の第7の構成によれば、電圧センサの出力不正常時にバッテリ電圧を所定値と仮定するようにしたため、制御誤差が問題にならない比較的狭い制御範囲であれば、高速直接トルク制御理論に則った制御を継続できる。

【0047】本発明の第8の構成によれば、出力不正常となる直前に電圧センサが検出したバッテリ電圧を、上記所定値として使用するようにしたため、第7の構成における制御誤差を抑制できる。

【0048】本発明の第9の構成によれば、電圧センサの出力不正常時に、使用しているバッテリ電圧が電圧センサにより検出した値でない旨使用者に警告するようにしたため、出力不正常に気が付かないままモータを駆動し続けることを防止でき、また制御誤差が大きな状況が発生・継続しにくくなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の各実施例を実施可能なシステムの構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1実施例における演算部の要部動作を示すフローチャートである。

【図3】この実施例において使用されるPB-IBマップを示す図である。

【図4】本発明の第2実施例における演算部の要部動作を示すフローチャートである。

【図5】この実施例において使用されるVB-IBマップを示す図である。

【図6】本発明の第3実施例における演算部の要部動作を示すフローチャートである。

【図7】本発明の第4実施例における演算部の要部動作を示すフローチャートである。

【図8】本発明の第5実施例における演算部の要部動作を示すフローチャートである。

【図9】本発明の第6実施例における演算部の要部動作を示すフローチャートである。

【図10】本発明の第7実施例における演算部の要部動作を示すフローチャートである。

【図11】本発明の第8実施例における演算部の要部動作を示すフローチャートである。

【図12】本発明の第9実施例における演算部の要部動作を示すフローチャートである。

【図13】従来例に係るシステムの構成を示すブロック図である。

【図14】高速直接トルク制御理論に則った制御の流れを示すフローチャートである。

【図15】スイッチングパターンの決定方法を示す図であり、(a)はスイッチングテーブルを、(b)はインバータ等価回路を、(c)は出力電圧ベクトルを、それぞれ示す図である。

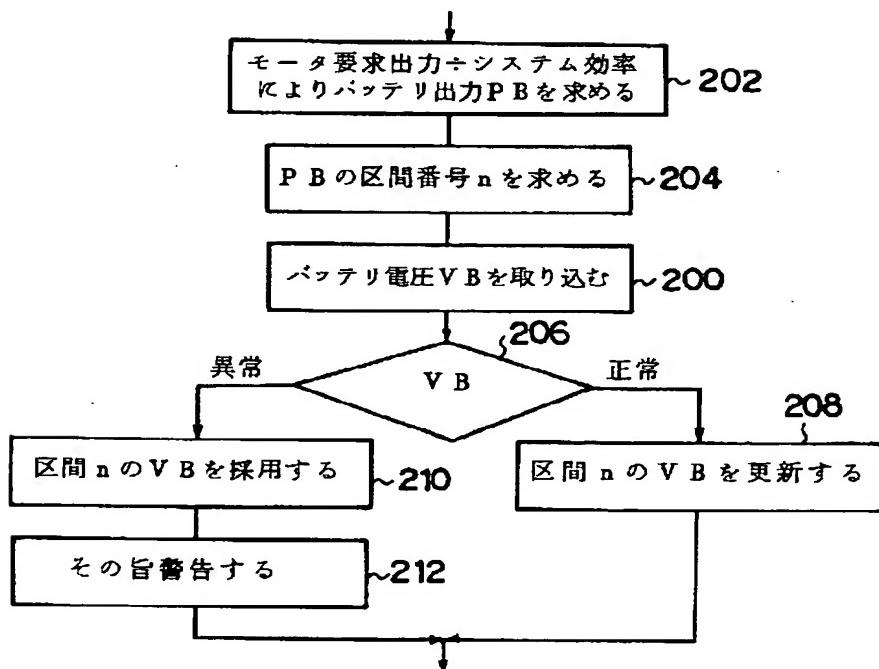
【符号の説明】

- 10 モータ
- 12 バッテリ
- 18 モータコントローラ
- 20 演算部
- 22 パターンテーブル
- 24, 26 減算器
- 28, 32 電流センサ
- 30 電圧センサ

- * 34 S O C センサ
- 36 表示部
- Φ_{ref} 磁束指令
- T_{ref} トルク指令
- Φ 一次鎖交磁束
- T トルク
- S_u, S_v, S_w スイッチングパターン
- I₁ 一次電流
- V_B バッテリ電圧
- 10 I_B バッテリ電流
- P_B バッテリ出力
- Q バッテリ電流の積算値
- * N 連続異常回数の計数値

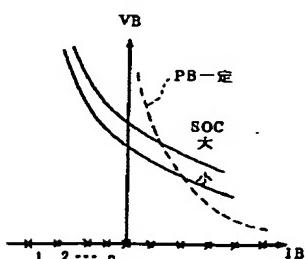
【図2】

第1実施例



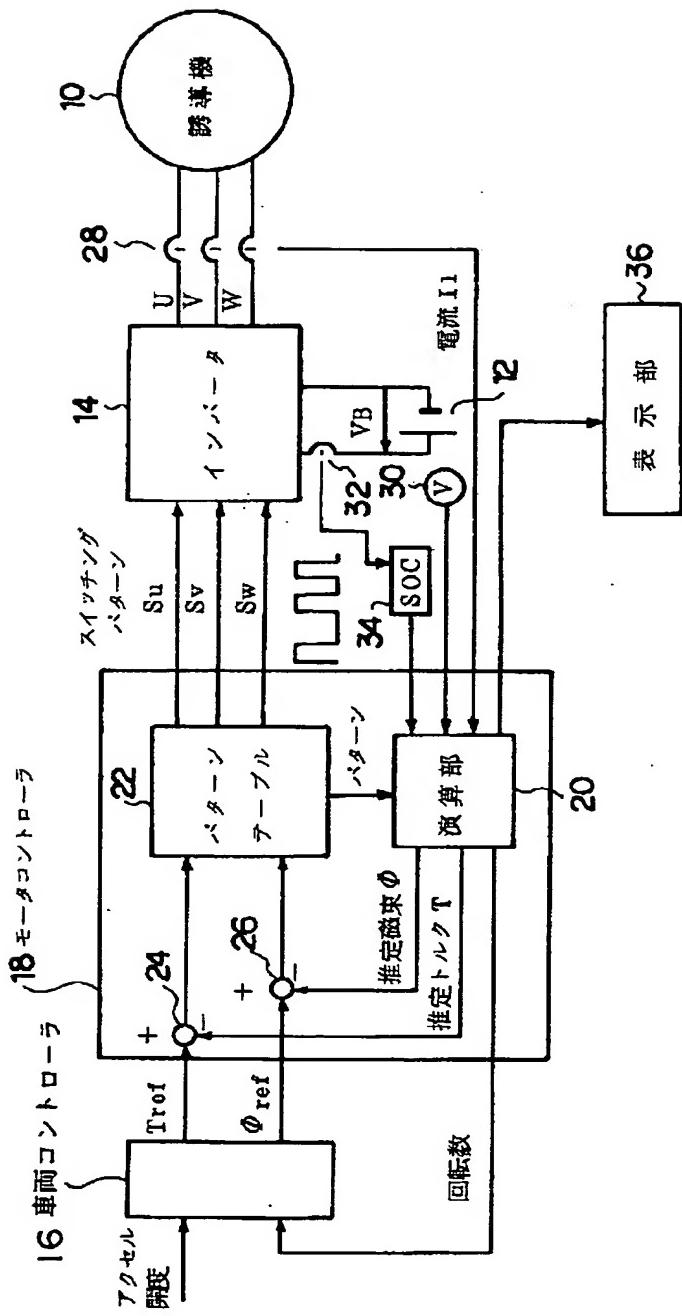
【図5】

V_B-I_B特性



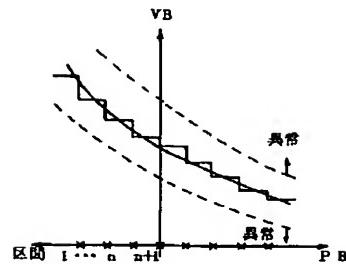
[図1]

システム構成（実施例）



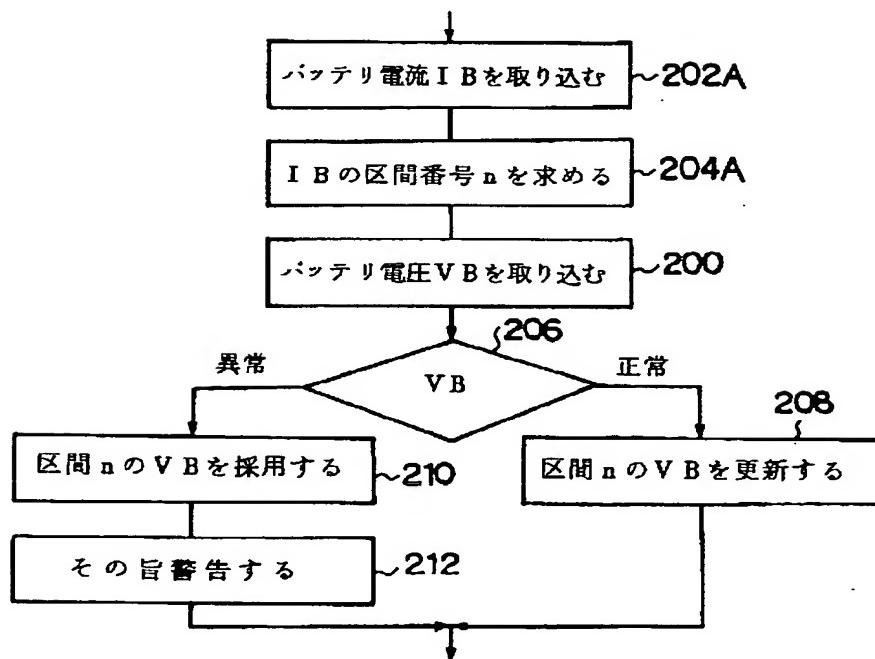
【図3】

PB-IB 特性



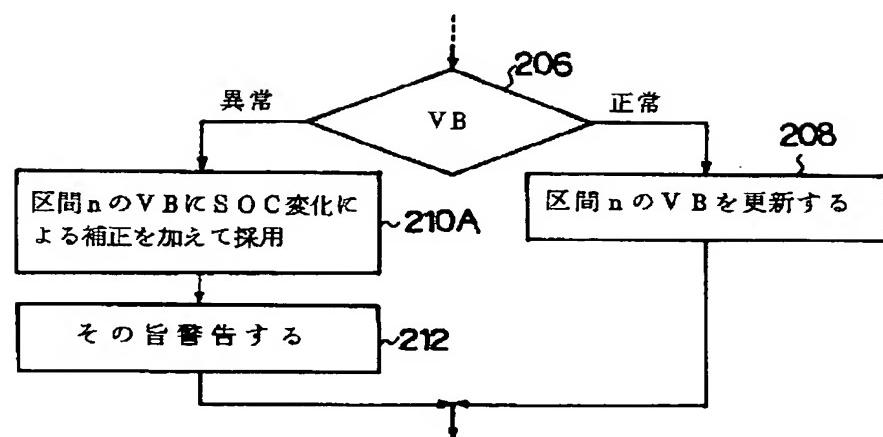
【図4】

第2実施例



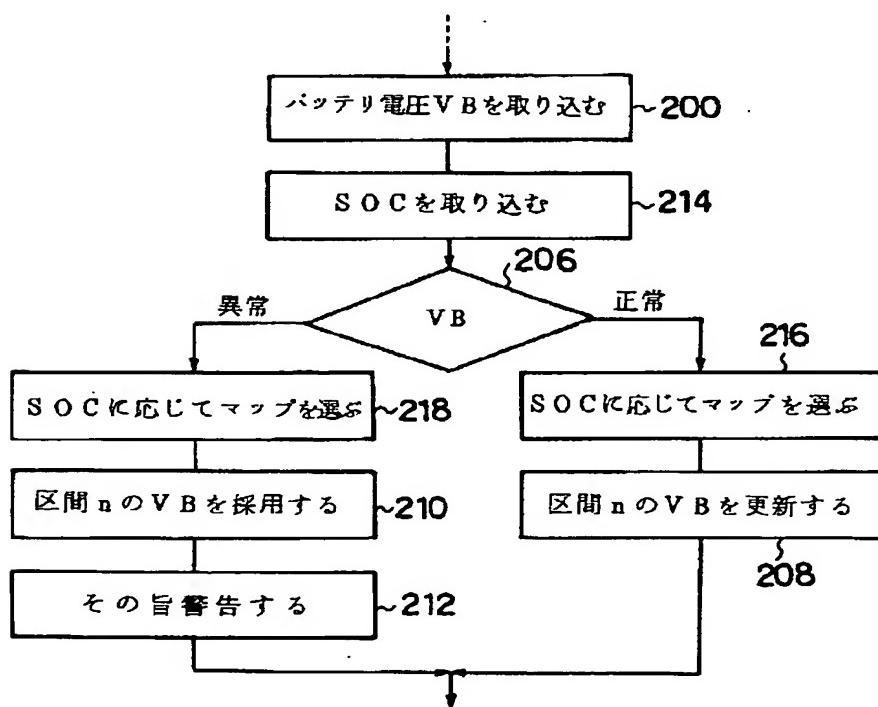
【図6】

第3実施例



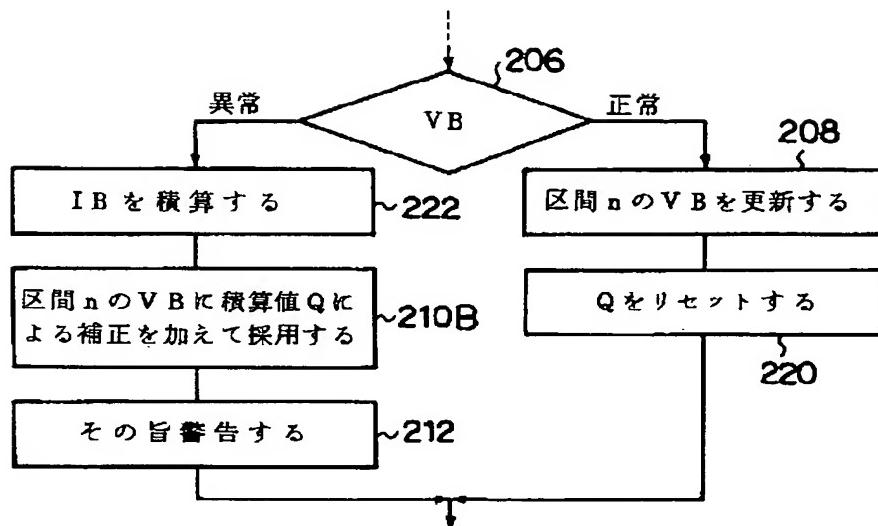
【図7】

第4実施例



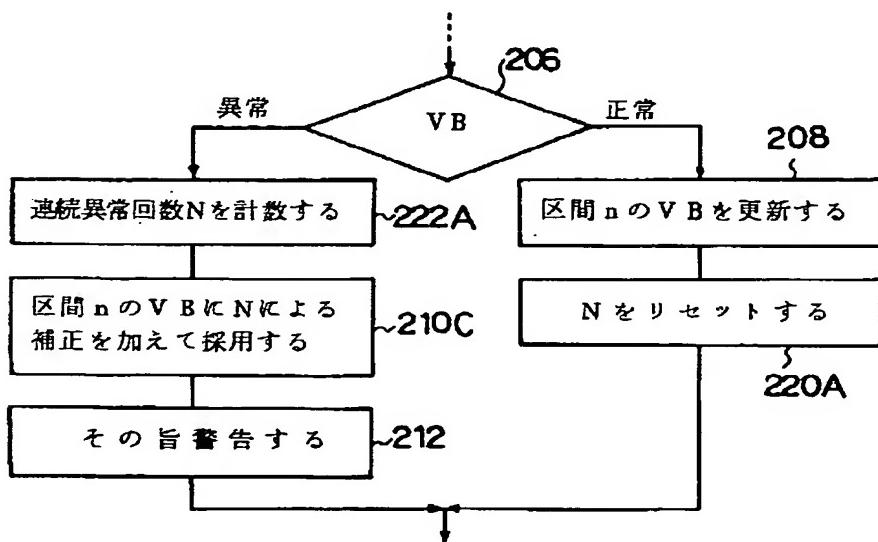
【図8】

第5実施例



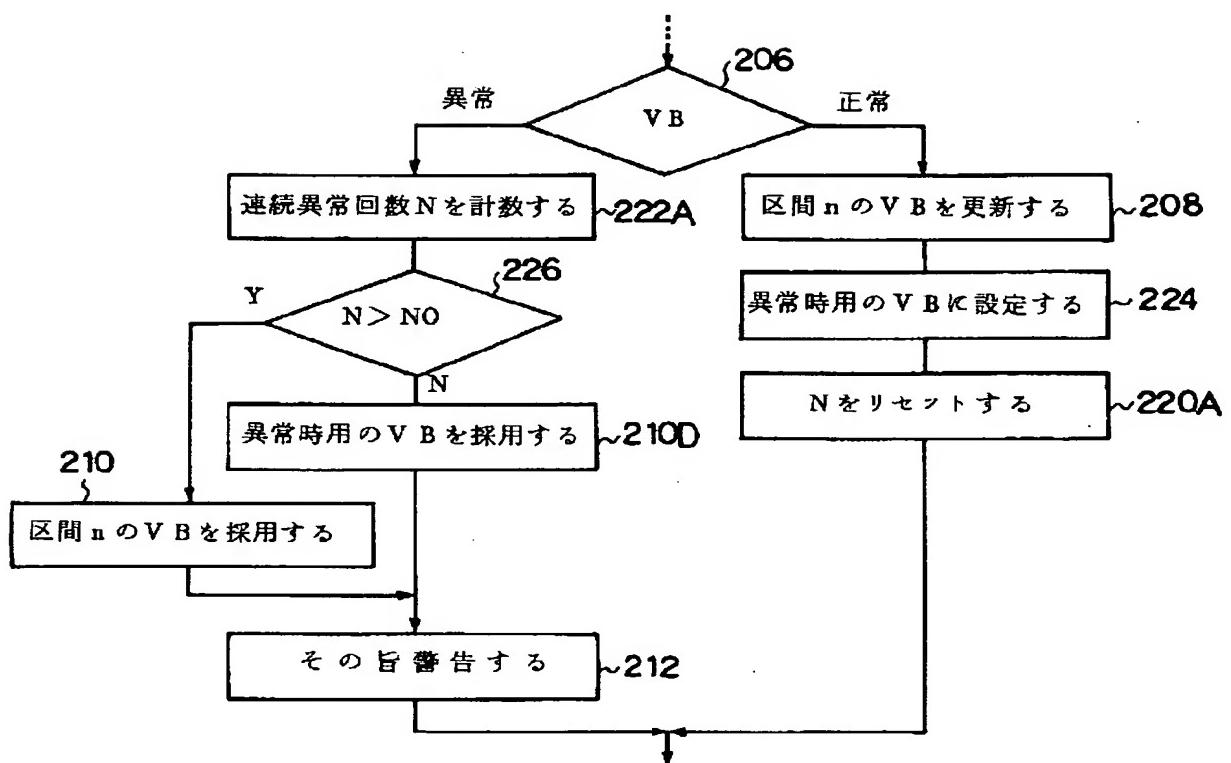
【図9】

第6実施例



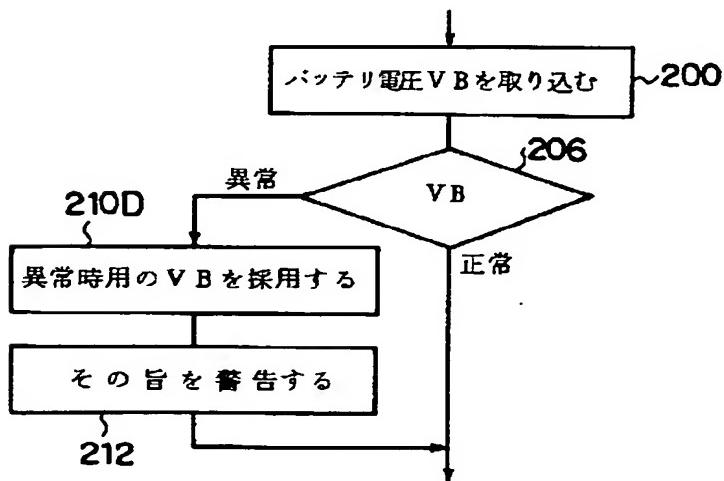
【図10】

第7実施例



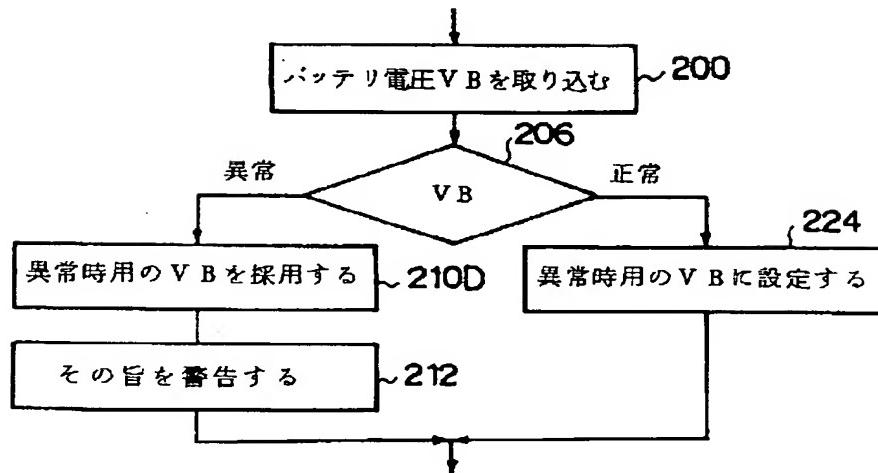
【図11】

第8実施例



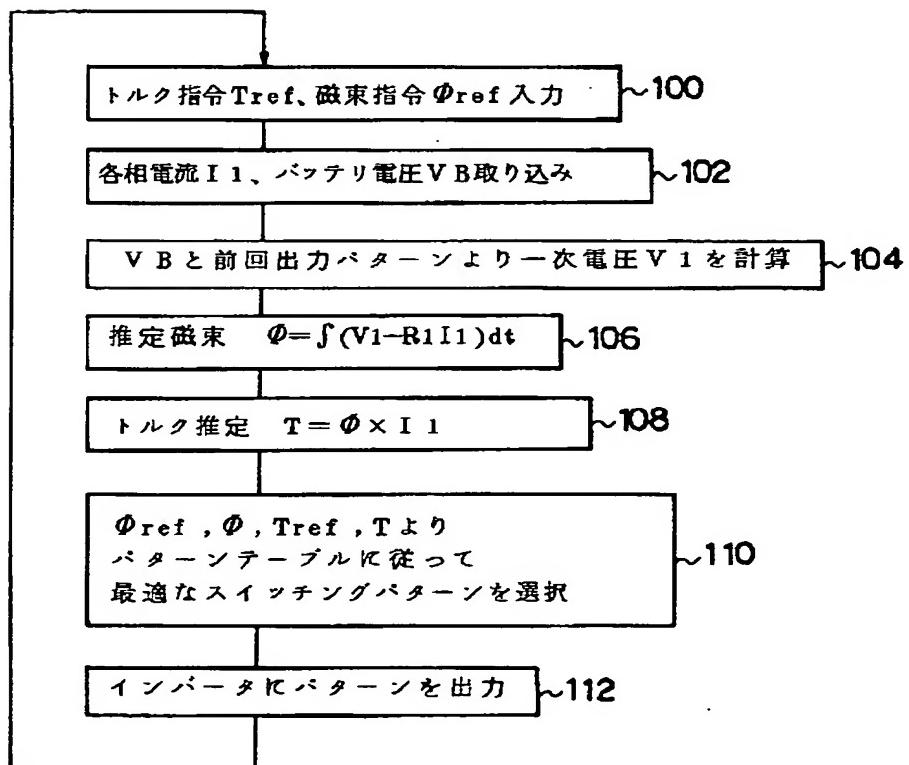
【図12】

第9実施例



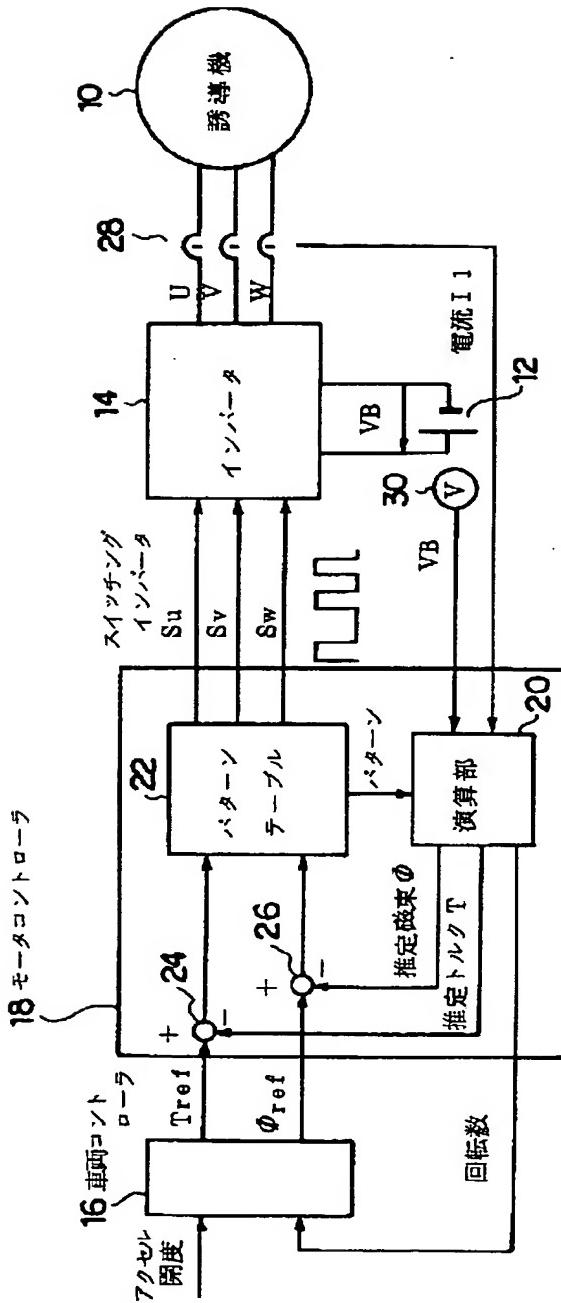
【図14】

制御フロー



【図13】

システム構成（従来例）



【図15】

ϕ, τ	θ	I	II	III	IV	V	VI
スイッチング パターン	$r=1$	$V_1(1,1,0)$	$V_1(0,1,0)$	$V_1(0,1,1)$	$V_1(0,0,1)$	$V_1(1,0,1)$	$V_1(1,0,0)$
	$r=0$	$V_1(1,1,1)$	$V_1(0,0,0)$	$V_1(1,1,1)$	$V_1(0,0,0)$	$V_1(1,1,1)$	$V_1(0,0,0)$
	$r=-1$	$V_1(1,0,1)$	$V_1(1,0,0)$	$V_1(1,1,0)$	$V_1(0,1,0)$	$V_1(0,1,1)$	$V_1(0,0,1)$
	$r=1$	$V_1(0,1,0)$	$V_1(1,1,1)$	$V_1(0,0,1)$	$V_1(1,0,1)$	$V_1(1,0,0)$	$V_1(1,1,0)$
	$r=0$	$V_1(0,0,0)$	$V_1(1,1,1)$	$V_1(0,0,0)$	$V_1(1,1,1)$	$V_1(0,0,0)$	$V_1(1,1,1)$
	$r=-1$	$V_1(0,0,1)$	$V_1(1,0,1)$	$V_1(1,0,0)$	$V_1(1,1,0)$	$V_1(0,1,0)$	$V_1(0,1,1)$

I : $-\pi/6 < \theta \leq \pi/6$ II : $5\pi/6 < \theta \leq 7\pi/6$ III : $\pi/6 < \theta \leq \pi/2$ IV : $7\pi/6 < \theta \leq 3\pi/2$ V : $\pi/2 < \theta \leq 5\pi/6$ VI : $3\pi/2 < \theta \leq 11\pi/6$ 